Jurnal
Kolaborasi Riset Sarjana

Review

Teknologi Kesehatan Mental Digital Berbasis Kecerdasan Buatan: Tinjauan Bukti Biomedis dan Psikologis

Indri Wijayanti[1,*], Indah Trivilia [2]
[1] Program Studi Keperawatan Anestesiologi, Universitas Harapan Bangsa, Purwokerto, Indonesia
[2] Program Studi Sistem Informasi, Universitas Harapan Bangsa, Purwokerto, Indonesia
* Correspondence: indriwijayanti@uhb.ac.id

Abstract: *The global prevalence of depression and anxiety increased substantially, placing significant pressure on conventional mental health services. Although digital mental health technologies expanded access to care, many systems remained static and lacked adaptive personalization. Artificial intelligence was introduced to enhance real-time monitoring, personalization, and automated decision-making within digital interventions. This study aimed to systematically evaluate empirical evidence regarding psychological and biomedical outcomes of AI-powered digital mental health technologies and to synthesize methodological patterns influencing clinical applicability. A systematic review was conducted following PRISMA 2020 guidelines. Literature searches were performed in PubMed, Scopus, and SpringerLink for studies published between 2020 and 2026. Studies were included if they implemented learning-based artificial intelligence as a core intervention component and reported quantitative psychological or biomedical outcomes. Sixteen studies met eligibility criteria. The findings indicated that 62.5% of included studies employed randomized controlled trial designs. Fourteen of sixteen studies reported statistically significant short-term reductions in depression or anxiety symptoms. Supervised machine learning and natural language processing were the most frequently applied approaches. Biomedical indicators such as heart rate variability and sleep metrics were typically used as secondary exploratory outcomes rather than primary endpoints, and external validation of artificial intelligence models was uncommon. AI-powered digital mental health systems demonstrated consistent short-term psychological benefits; however, biomedical integration and long-term validation remained limited. Strengthening methodological rigor and multimodal integration was necessary to enhance clinical applicability.*

Keywords: Artificial Intelligence; Digital Mental Health; Machine Learning; Biomedical Validation; Systematic Review;

***Received**: 13 Desember 2025*
***Revised**: 22 Januari 2026*
***Accepted**: 6 Februari 2026*
***Published**: 7 Februari 2026*

Pendahuluan

Transformasi digital telah memperluas secara signifikan model penyelenggaraan layanan kesehatan mental (Torous et al., 2021; Strudwick et al., 2020; Macrynikola et al., 2023; Torous et al., 2020). Peningkatan prevalensi gangguan depresi dan kecemasan memberikan tekanan besar terhadap sistem pelayanan konvensional yang menghadapi keterbatasan tenaga kerja, biaya, dan aksesibilitas (Agarwal et al., 2024; Santomauro et al., 2021). Teknologi Kesehatan Mental Digital (*Digital Mental Health Technologies* / DMHT) berkembang sebagai solusi yang dapat diskalakan untuk mendukung asesmen dan intervensi jarak jauh (Poudel et al., 2025a; Dinan & Cryan, 2020).

Intervensi digital konvensional, seperti aplikasi seluler dan terapi perilaku kognitif berbasis web (*web-based cognitive behavioral therapy* / CBT), meningkatkan akses layanan kesehatan mental, tetapi sering bersifat statis dan kurang responsif terhadap dinamika kondisi psikologis individu (Manole et al., 2024; McFadyen et al., 2024a; Poudel et al., 2025b). Integrasi kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence* / AI) memungkinkan personalisasi adaptif, pemantauan gejala secara waktu nyata, serta optimalisasi konten terapeutik berbasis data (Beg et al., 2025; Gkintoni et al., 2025; Liu et al., 2020a; Newby et al., 2025).

Pendekatan *machine learning*, *deep learning*, dan *natural language processing* (NLP) semakin banyak diterapkan dalam sistem kesehatan mental digital, termasuk agen percakapan, alat pemantauan prediktif, dan platform intervensi adaptif (Ni & Jia, 2025a; Punia et al., 2025). Perkembangan teknologi yang pesat tersebut belum sepenuhnya diimbangi oleh bukti empiris yang kuat terkait efektivitas psikologis dan validasi biomedis, yang masih menunjukkan heterogenitas metodologis (Baños et al., 2022; Mansoor et al., 2025; Herrman, 2020).

Sebagian besar tinjauan yang tersedia menitikberatkan pada pengembangan algoritma atau pada kondisi psikiatri tertentu, sementara sintesis yang mengevaluasi luaran psikologis dan biomedis secara bersamaan pada intervensi berbasis AI yang telah diimplementasikan masih terbatas. Tinjauan ini bertujuan untuk mengevaluasi bukti empiris yang tersedia dengan fokus pada pertanyaan penelitian berikut:

- RQ1: Jenis intervensi kesehatan mental digital apa saja yang mengintegrasikan AI sebagai komponen utama?
- RQ2: Luaran psikologis dan biomedis apa yang dilaporkan dalam studi kesehatan mental digital berbasis AI?
- RQ3: Tantangan metodologis dan strategi validasi apa yang tampak dalam bukti ilmiah yang tersedia saat ini?

Metode Penelitian

Desain Review

Penelitian ini menggunakan desain *Systematic Literature Review* (SLR) dengan mengacu pada pedoman PRISMA 2020 (Faizan et al., 2025; G. Adil, 2025; Tsallis et al., 2025; Page et al., 2021). Proses penelusuran literatur dilakukan pada basis data PubMed, Scopus, dan SpringerLink untuk artikel yang dipublikasikan pada periode Januari 2020 hingga Maret 2026. Strategi pencarian utama disusun menggunakan kombinasi kata kunci sebagai berikut: (“digital mental health” OR “mental health app*” OR “internet-based CBT” OR “online cognitive behavioral therapy” OR “mHealth intervention”) AND (“artificial intelligence” OR “machine learning” OR “deep learning” OR “natural language processing” OR “reinforcement learning”) AND (“clinical outcome*” OR “psychological

outcome*" OR "depression" OR "anxiety" OR "stress" OR "biomedical indicator*"). Pembatasan pencarian diterapkan pada artikel berbahasa Inggris yang telah melalui proses penelaahan sejawat (*peer-reviewed*) dan melibatkan partisipan manusia.

Kriteria Eligibilitas

Kriteria inklusi dan eksklusi ditetapkan secara ketat untuk memastikan bahwa hanya studi yang menerapkan kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence* / AI) berbasis pembelajaran sebagai komponen inti dalam intervensi kesehatan mental digital serta melaporkan luaran klinis yang dapat diukur yang disertakan dalam tinjauan ini (Singh et al., 2024; Thakkar et al., 2024).

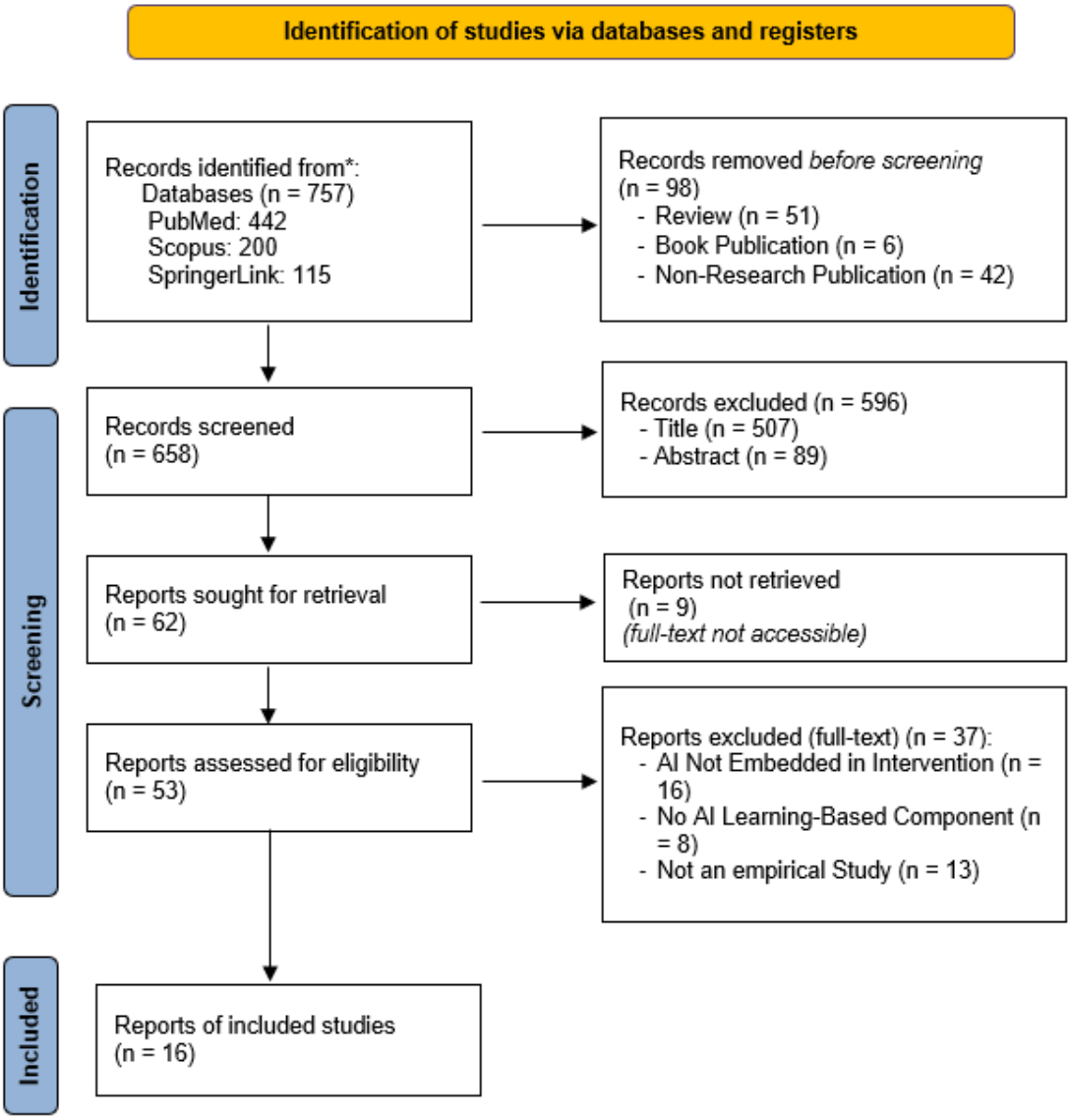
Tabel 1. Kriteria Inklusi dan Eksklusi

Kriteria Inklusi	Kriteria Eksklusi
Kecerdasan buatan berbasis pembelajaran (*machine learning*, *deep learning*, *natural language processing*, *reinforcement learning*) diterapkan sebagai komponen inti intervensi	AI hanya digunakan untuk analisis sekunder, pemodelan prediktif tanpa penerapan intervensi, atau sistem berbasis aturan dan non-pembelajaran
Terintegrasi dalam intervensi kesehatan mental digital yang telah diimplementasikan	AI tidak terintegrasi dalam intervensi atau tidak terkait dengan penyampaian intervensi kesehatan mental
Melibatkan partisipan manusia	Studi simulasi, penggunaan data sintetis, atau pengembangan algoritma teknis tanpa subjek manusia
Melaporkan sedikitnya satu luaran psikologis kuantitatif (misalnya depresi, kecemasan, stres) dan/atau luaran biomedis (misalnya variabilitas denyut jantung, metrik tidur)	Tidak melaporkan luaran efektivitas psikologis maupun biomedis
Menyajikan evaluasi statistik kuantitatif	Studi kualitatif murni atau laporan kelayakan deskriptif tanpa pengujian statistik
Dipublikasikan dalam jurnal *peer-reviewed* pada periode 2020–2026 dan tersedia dalam teks lengkap berbahasa Inggris	Publikasi non-*peer-reviewed* atau teks lengkap tidak dapat diakses

Studi dikecualikan apabila kecerdasan buatan digunakan semata-mata untuk analisis sekunder, apabila tidak diterapkan algoritma berbasis pembelajaran, apabila tidak dilaporkan luaran klinis yang dapat diukur, atau apabila publikasi bersifat nonempiris maupun tidak tersedia dalam teks lengkap (Ahmed Abdalhalim et al., 2025).

Proses Seleksi Studi

Sebanyak 757 rekaman diidentifikasi dari seluruh basis data. Setelah penghapusan publikasi nonempiris dan duplikasi (n = 98), sebanyak 658 rekaman menjalani proses penyaringan judul dan abstrak. Sebanyak 62 artikel teks lengkap dinilai kelayakannya, dan 16 studi memenuhi seluruh kriteria inklusi. Ringkasan proses seleksi studi disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir PRISMA 2020

Ekstraksi Data

Proses ekstraksi data dilakukan menggunakan kerangka kerja terstruktur dan telah ditetapkan sebelumnya, yang selaras dengan kriteria kelayakan serta variabel penyaringan yang diterapkan dalam tinjauan ini (Amir-Behghadami, 2024; Dyer et al., 2022). Data yang diekstraksi mencakup informasi bibliografis, yaitu penulis, tahun publikasi, jurnal, dan sumber basis data, desain penelitian, karakteristik populasi, serta ukuran sampel (Fortuna et al., 2020; Zimmermann et al., 2024). Informasi rinci mengenai jenis intervensi kesehatan mental digital juga dicatat, termasuk apakah sistem disampaikan dalam bentuk terapi perilaku kognitif berbasis internet, aplikasi seluler, agen percakapan, *ecological momentary intervention*, atau format digital lainnya (Schick et al., 2023).

Perhatian khusus diberikan pada metodologi kecerdasan buatan yang digunakan, meliputi *machine learning*, *deep learning*, *natural language processing*, dan *reinforcement learning*. Peran kecerdasan buatan dalam setiap intervensi dievaluasi secara cermat untuk menentukan apakah teknologi tersebut berfungsi sebagai komponen adaptif inti yang memengaruhi penyampaian intervensi atau hanya digunakan sebagai alat prediktif maupun analitis sekunder. Konstruk psikologis yang diukur dalam setiap studi didokumentasikan bersama dengan instrumen pengukuran yang digunakan, seperti PHQ-9, GAD-7, DASS-21, K6, atau skala tervalidasi lainnya. Indikator biomedis, termasuk variabilitas denyut jantung dan metrik tidur, turut diekstraksi apabila tersedia (Lopes et al., 2024; Marciniak et al., 2020; Sander et al., 2023).

Luaran kuantitatif dan metode evaluasi statistik dicatat untuk menilai efektivitas intervensi yang dilaporkan. Informasi mengenai strategi validasi model, seperti validasi internal, *cross-validation*, atau validasi eksternal, juga dikumpulkan. Proses ekstraksi data yang terstruktur ini memungkinkan perbandingan lintas studi secara konsisten pada desain dan populasi yang heterogen serta menjaga keselarasan antara keputusan penyaringan dan sintesis analitik akhir (Casal-Guisande et al., 2026; Qin et al., 2021; Spada et al., 2022).

Penilaian Kualitas

Kualitas metodologis dan risiko bias dari studi yang disertakan dinilai menggunakan instrumen baku yang sesuai dengan desain penelitian. Uji acak terkontrol dievaluasi menggunakan alat Cochrane Risk of Bias 2 (RoB2), sedangkan studi observasional dinilai menggunakan kerangka ROBINS-I. Instrumen tersebut memungkinkan evaluasi terstruktur pada domain utama, meliputi bias seleksi, pengukuran luaran, penyimpangan dari intervensi yang direncanakan, data hilang, dan pelaporan selektif (Crocker et al., 2023; Goh et al., 2025; Zhou et al., 2021).

Selain domain risiko bias, aspek metodologis lain yang relevan dengan intervensi berbasis kecerdasan buatan dipertimbangkan secara deskriptif, mencakup kecukupan ukuran sampel terhadap kompleksitas model, transparansi metodologi kecerdasan buatan (pemilihan fitur, pelatihan model, dan pelaporan), serta strategi validasi yang digunakan, seperti validasi internal, cross-validation, atau validasi eksternal. Perhatian khusus diberikan pada pelaporan validasi eksternal dibandingkan dengan ketergantungan pada metrik kinerja internal semata, mengingat implikasinya terhadap generalisasi dan penerapan klinis (Abbas et al., 2025; Ibrahim et al., 2021; Inchingolo et al., 2025a).

Heterogenitas yang substansial pada desain studi, jenis intervensi, ukuran luaran, dan metodologi kecerdasan buatan menjadikan meta-analisis kuantitatif tidak tepat untuk dilakukan. Sintesis temuan disajikan secara naratif dengan menitikberatkan pada pola metodologis, konsistensi arah luaran, dan kekuatan bukti secara keseluruhan di seluruh studi (Inchingolo et al., 2025b; Manek et al., 2025).

Hasil

Karakteristik Studi

Sebanyak 16 studi yang dipublikasikan pada periode 2020 hingga 2026 disertakan dalam tinjauan ini. Ukuran sampel berkisar antara 24 hingga 54.604 partisipan. Sepuluh studi menggunakan desain uji acak terkontrol, sementara studi lainnya menerapkan desain observasional longitudinal atau pemantauan prospektif.

Sebagian besar intervensi menargetkan gejala depresi dan kecemasan dengan menggunakan instrumen tervalidasi, seperti PHQ-9 dan GAD-7. Konstruk psikologis lain yang dievaluasi mencakup stres, kondisi suasana hati bipolar, dan distres psikologis (Müller et al., 2024).

Pendekatan *supervised machine learning*, termasuk *Random Forest* dan *Support Vector Machine*, paling sering diterapkan dalam studi yang ditinjau (Gabrovec et al., 2022; Iyortsuun et al., 2023). Sistem percakapan berbasis *natural language processing* dan kerangka *reinforcement learning* lebih banyak muncul pada studi yang dipublikasikan pada periode terbaru. Arsitektur *deep learning* diterapkan pada sebagian kecil studi (Agyapong et al., 2022; Heindl et al., 2021).

Tabel 2. Karakteristik Studi yang Disertakan

Tahun (Penulis)	Jenis Intervensi	Konstruk Psikologis	Ukuran Sampel	Metode AI	Desain Studi
Chien et al., 2020	CBT berbasis internet (SilverCloud)	Depresi (PHQ-9), Kecemasan (GAD-7)	54.604	*Latent Class Models*, *Hidden Markov Models*	Observasional longitudinal
Hornstein et al., 2021	CBT digital dengan dukungan terapis (Meru Health)	Depresi (PHQ-9), Kecemasan (GAD-7)	1.249	*Random Forest*, *Support Vector Machine*	Pemodelan prediktif longitudinal
Choudhary et al., 2022	Pemantauan depresi berbasis ponsel pintar	Depresi (PHQ-9)	558	*Random Forest*, *XGBoost*, *Support Vector Machine*	Observasional prospektif
Watanabe et al., 2023	Aplikasi mHealth (ASHARE)	Distres psikologis (K6)	24	*Long Short-Term Memory* (Deep Learning)	Uji kelayakan satu lengan
Shvetcov et al., 2023	Aplikasi kesehatan mental adaptif berbasis AI (model JITAI)	Distres, kesejahteraan (K10, WEMWBS)	473	*K-means clustering*, CART	Fenotipe ML observasional
Zainal & Newman, 2024	*Mindfulness Ecological Momentary Intervention* (MEMI)	Gangguan Kecemasan Menyeluruh	110	Regresi logistik, *Support Vector Machine*, *Random Forest*	Uji acak terkontrol
Sokół-Szawłowska et al., 2024	Aplikasi pemantauan bipolar MoodMon	Status suasana hati bipolar (HDRS, YMRS)	75	Model perilaku *machine learning*	Studi pemantauan prospektif
Arévalo Avalos et al., 2025	Intervensi CBT berbasis teks dengan AI (StayWell)	Depresi (PHQ-8), Kecemasan (GAD-7)	1.121	*Reinforcement Learning*	Uji acak terkontrol tiga lengan
Varidel et al., 2025	Sistem rekomendasi AI Innowell	Distres psikologis (K6), fungsi psikososial	619	*Bayesian Causal AI*	Observasional longitudinal
Newby et al., 2025	Intervensi ponsel pintar adaptif berbasis AI	Distres psikologis (DASS-21)	1.282	*Contextual Multi-Armed Bandit*	RCT adaptif respons

Zainal, Tan, et al., 2025	MEMI untuk gangguan kecemasan sosial	Remisi gangguan kecemasan sosial	191	*Random Forest*, *Support Vector Machine*	Uji acak terkontrol
Palmer et al., 2025	CBT digital berbasis AI dengan dukungan manusia	Gangguan Kecemasan Menyeluruh (GAD-7)	299	AI percakapan berbasis NLP	Perbandingan prospektif berpasangan
Zainal, Eckhardt, et al., 2025	Pemantauan fidelitas CBT digital terpandu	Fidelitas implementasi	3.381	NLP + *Supervised Machine Learning*	Analisis sekunder RCT
So et al., 2026	iCBT mandiri dengan augmentasi AI	Depresi (PHQ-9), Kecemasan (GAD-7)	1.187	Umpan balik adaptif berbasis NLP	Uji acak terkontrol tiga lengan
Allen et al., 2026	Aplikasi CBT percakapan PATH berbasis AI	Kecemasan (GAD-7), Depresi (PHQ-9)	316	*Retrieval-Augmented NLP*	Uji acak terkontrol dua lengan
Zhang et al., 2026	Sistem latihan fisik dan mindfulness terpersonalisasi berbasis AI	Stres (PSS), Kecemasan (GAD-7)	328	CNN, BiLSTM, *Reinforcement Learning*	RCT terstratifikasi tiga lengan

Luaran Psikologis

Sebagian besar studi melaporkan penurunan skor depresi dan kecemasan yang signifikan dalam jangka pendek. Temuan tersebut sejalan dengan literatur yang menunjukkan efektivitas intervensi digital berbasis terapi perilaku kognitif (CBT) dalam menurunkan gejala ringan hingga sedang (Demir & Ercan, 2022; McFadyen et al., 2024b; Fischer & Farchione, 2023). Kontribusi spesifik kecerdasan buatan terhadap peningkatan tersebut masih memerlukan analisis yang lebih kritis (Carl et al., 2020; Li et al., 2021).

Pada banyak kasus, kecerdasan buatan berfungsi sebagai mekanisme personalisasi atau optimalisasi urutan konten, bukan sebagai agen terapeutik yang secara langsung menghasilkan komponen intervensi baru (Pandya, 2024). Kondisi ini menyulitkan pemisahan efek intervensi berbasis konten dari efek adaptivitas algoritmik. Sejumlah kecil studi menerapkan desain komparatif untuk mengevaluasi perbedaan antara sistem adaptif berbasis kecerdasan buatan dan versi statisnya (Riaz et al., 2025; Roy & Srivastava, 2024; Yuan et al., 2025).

Durasi tindak lanjut yang umumnya terbatas pada 4–12 minggu membatasi pemahaman mengenai keberlanjutan efek terapeutik. Pola kekambuhan kronis pada gangguan seperti depresi dan kecemasan menuntut evaluasi jangka panjang. Ketiadaan data longitudinal yang memadai menjadikan klaim efektivitas bersifat tentatif dan kontekstual.

Luaran Biomedis

Integrasi indikator biomedis, seperti variabilitas denyut jantung (HRV) dan metrik tidur, menunjukkan potensi untuk memperkaya asesmen klinis melalui data objektif (Jo et al., 2024; Ramesh et al., 2023). Pendekatan multimodal ini secara teoretis dapat meningkatkan sensitivitas deteksi perubahan psikologis dan mengurangi bias pelaporan diri (W. Liu et al., 2025; Mortensen et al., 2023).

Dalam praktiknya, indikator biomedis kerap digunakan sebagai luaran sekunder atau eksploratif (Chang et al., 2025). Sebagian besar studi belum mengintegrasikan data fisiologis sebagai komponen kunci dalam pengambilan keputusan algoritmik secara waktu nyata (Shui et al., 2025). Kondisi tersebut menunjukkan bahwa integrasi multimodal masih berada pada tahap awal pengembangan (Elkohail et al., 2025a; Vanneste et al., 2021; Varese et al., 2021).

Ukuran sampel untuk analisis biomedis umumnya lebih kecil dibandingkan analisis psikologis, sehingga membatasi kekuatan statistik dan validitas eksternal (Wijeratne et al., 2020; Xiao et al., 2024). Replikasi multisenter dan validasi eksternal diperlukan untuk menilai potensi generalisasi model multimodal secara lebih komprehensif (EGAMI & HARTMAN, 2023; Gkintoni & Halkiopoulos, 2025; Ho et al., 2022).

Pola Metodologis

Sebagian besar studi mengandalkan strategi validasi internal, seperti *cross-validation* atau pengujian *split-sample*. Validasi eksternal pada populasi independen jarang dilaporkan (X. Liu et al., 2020b; Park et al., 2021; Zantvoort et al., 2024). Transparansi pelaporan terkait pemilihan fitur dan penyetelan hiperparameter menunjukkan variasi antarstudi. Pada beberapa penelitian, kompleksitas model tampak tidak sebanding dengan ukuran sampel, sehingga memunculkan potensi kekhawatiran terkait *overfitting* dan keterterapan umum model (Elkohail et al., 2025b; Pozza et al., 2025; Rosenblatt et al., 2024).

Diskusi

Tinjauan ini menunjukkan bahwa intervensi kesehatan mental digital berbasis kecerdasan buatan secara konsisten menghasilkan perbaikan gejala depresi dan kecemasan dalam jangka pendek. Kecerdasan buatan terutama berfungsi sebagai mekanisme personalisasi adaptif dan pendukung pengambilan keputusan, yang meningkatkan skalabilitas dan responsivitas intervensi tanpa menggantikan peran perawatan yang dipimpin oleh klinisi (Kleine et al., 2025).

Meskipun perbaikan psikologis sering dilaporkan, integrasi aspek biomedis masih terbatas (Yeasmin et al., 2026). Pemanfaatan indikator fisiologis umumnya bersifat eksploratif dan belum menjadi komponen utama dalam adaptasi algoritmik. Kondisi ini menunjukkan bahwa sistem kecerdasan buatan multimodal masih berada pada tahap awal pengembangan (Ni & Jia, 2025b).

Heterogenitas metodologis serta ketergantungan pada validasi internal membatasi kesimpulan mengenai generalisasi temuan (Opel & Breakspear, 2026). Keterbatasan perbandingan langsung antara sistem adaptif berbasis kecerdasan buatan dan sistem non-adaptif juga menyulitkan penentuan keunggulan klinis tambahan dari integrasi kecerdasan buatan (Ali et al., 2025).

Penelitian selanjutnya perlu menekankan validasi eksternal, periode tindak lanjut yang lebih panjang, serta kerangka pelaporan yang terstandarisasi. Desain uji adaptif komparatif diperlukan untuk memperjelas nilai tambah personalisasi berbasis kecerdasan buatan dalam intervensi kesehatan mental digital.

Keterabatasan Penelitian

Tinjauan ini memiliki sejumlah keterbatasan metodologis yang perlu dipertimbangkan dalam menafsirkan temuan. Strategi pencarian dibatasi pada tiga basis data dan publikasi ilmiah berbahasa Inggris, sehingga berpotensi menimbulkan bias publikasi dan bias bahasa. Kondisi ini memungkinkan studi dengan hasil negatif

atau tidak signifikan menjadi kurang terwakili. Selain itu, heterogenitas yang tinggi dalam desain penelitian, metodologi AI, ukuran luaran, serta durasi tindak lanjut menghambat pelaksanaan meta-analisis kuantitatif, sehingga membatasi kemampuan untuk mengestimasi ukuran efek gabungan maupun membandingkan efektivitas intervensi secara sistematis antarstudi.

Kekuatan keseluruhan bukti juga dibatasi oleh karakteristik metodologis studi-studi yang disertakan. Sebagian besar penelitian mengandalkan validasi internal tanpa replikasi eksternal yang independen, yang menimbulkan kekhawatiran terkait generalisasi temuan dan potensi overfitting. Periode tindak lanjut umumnya relatif singkat (4–12 minggu), sehingga evaluasi keberlanjutan efek terapeutik jangka panjang menjadi terbatas. Selain itu, minimnya perbandingan langsung antara intervensi digital adaptif berbasis AI dan intervensi non-adaptif menyulitkan penentuan manfaat klinis tambahan yang secara spesifik dapat diatribusikan pada komponen AI.

Kesimpulan

Tinjauan sistematis ini menunjukkan bahwa intervensi kesehatan mental digital berbasis kecerdasan buatan berkaitan dengan perbaikan jangka pendek pada gejala depresi dan kecemasan. Dalam studi-studi yang ditinjau, kecerdasan buatan berperan terutama sebagai mekanisme personalisasi adaptif dan pendukung pengambilan keputusan, yang meningkatkan skalabilitas serta responsivitas intervensi, dengan kerangka terapeutik utama tetap merujuk pada pendekatan klinis yang telah mapan.

Integrasi indikator biomedis dalam sistem kesehatan mental digital masih terbatas dan umumnya digunakan sebagai keluaran tambahan, sehingga penerapan pendekatan multimodal belum dimanfaatkan secara optimal. Variasi metodologis antar studi, dominasi strategi validasi internal, dan durasi tindak lanjut yang relatif singkat membatasi kekuatan generalisasi temuan serta evaluasi keberlanjutan efek terapeutik. Keterbatasan studi komparatif antara sistem adaptif dan non-adaptif juga menyulitkan penilaian kontribusi klinis spesifik dari komponen kecerdasan buatan. Temuan dalam tinjauan ini menegaskan potensi kecerdasan buatan sebagai penguat intervensi kesehatan mental digital. Penguatan bukti empiris memerlukan penelitian lanjutan dengan validasi eksternal, desain komparatif yang sistematis, serta evaluasi jangka panjang untuk memastikan efektivitas dan relevansi klinisnya.

Referensi

Abbas, Q., Jeong, W., & Lee, S. W. (2025). Explainable AI in Clinical Decision Support Systems: A Meta-Analysis of Methods, Applications, and Usability Challenges. *Healthcare*, *13*(17), 2154. https://doi.org/10.3390/healthcare13172154

Agarwal, A. K., Southwick, L., Gonzales, R. E., Bellini, L. M., Asch, D. A., Shea, J. A., Mitra, N., Yang, L., Josephs, M., Kopinksy, M., Kishton, R., Balachandran, M., Benjamin Wolk, C., Becker-Haimes, E. M., & Merchant, R. M. (2024). Digital Engagement Strategy and Health Care Worker Mental Health. *JAMA Network Open*, *7*(5), e2410994. https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2024.10994

Agyapong, V. I. O., Hrabok, M., Shalaby, R., Vuong, W., Noble, J. M., Gusnowski, A., Mrklas, K., Li, D., Urichuck, L., Snaterse, M., Surood, S., Cao, B., Li, X.-M., Greiner, R., & Greenshaw, A. J. (2022). Text4Hope: Receiving Daily Supportive Text Messages for 3 Months During the COVID-19 Pandemic Reduces Stress, Anxiety, and Depression. *Disaster Medicine and Public Health Preparedness*, *16*(4), 1326–1330. https://doi.org/10.1017/dmp.2021.27

Ahmed Abdalhalim, A. Z., Nureldaim Ahmed, S. N., Dawoud Ezzelarab, A. M., Mustafa, M., Ali Albasheer, M. G., Abdelgadir Ahmed, R. E., & Galal Eldin Elsayed, M. B. (2025). Clinical Impact of Artificial Intelligence-Based Triage Systems in Emergency Departments: A Systematic Review. *Cureus*. https://doi.org/10.7759/cureus.85667

Ali, M., Ali, S., Abbas, Q., Abbas, Z., & Lee, S. W. (2025). Artificial intelligence for mental health: A narrative review of applications, challenges, and future directions in digital health. *DIGITAL HEALTH*, *11*. https://doi.org/10.1177/20552076251395548

Allen, A., Young, A. H., Jellesma, F. C., Vorobev, A., Ivanova, E., Babakov, N., Gisnarian, A., & Kannis-Dymand, L. (2026). An exploratory randomized controlled trial of an AI-enabled mental health intervention for generalized anxiety. *Journal of Affective Disorders*, *401*, 121275. https://doi.org/10.1016/j.jad.2026.121275

Amir-Behghadami, M. (2024). SPIDER as a framework to formulate eligibility criteria in qualitative systematic reviews. *BMJ Supportive & Palliative Care*, *14*(e1), e312–e313. https://doi.org/10.1136/bmjspcare-2021-003161

Arévalo Avalos, M. R., Rosales, K., Karr, C., Figueroa, C. A., Luo, T., Sudarshan, S., Yip, V., & Aguilera, A. (2025). Personalizing a mental health texting intervention using reinforcement learning. *Npj Mental Health Research*, *4*(1), 64. https://doi.org/10.1038/s44184-025-00173-3

Baños, R. M., Herrero, R., & Vara, M. D. (2022). What is the Current and Future Status of Digital Mental Health Interventions? *The Spanish Journal of Psychology*, *25*, e5. https://doi.org/10.1017/SJP.2022.2

Beg, M. J., Verma, M., M., V. C. K. M., & Verma, M. K. (2025). Artificial Intelligence for Psychotherapy: A Review of the Current State and Future Directions. *Indian Journal of Psychological Medicine*, *47*(4), 314–325. https://doi.org/10.1177/02537176241260819

Carl, J. R., Miller, C. B., Henry, A. L., Davis, M. L., Stott, R., Smits, J. A. J., Emsley, R., Gu, J., Shin, O., Otto, M. W., Craske, M. G., Saunders, K. E. A., Goodwin, G. M., & Espie, C. A. (2020). Efficacy of digital cognitive behavioral therapy for moderate-to-severe symptoms of generalized anxiety disorder: A randomized controlled trial. *Depression and Anxiety*, *37*(12), 1168–1178. https://doi.org/10.1002/da.23079

Casal-Guisande, M., Mosteiro-Añón, M., Torres-Durán, M., Comesaña-Campos, A., & Fernández-Villar, A. (2026). Application of artificial intelligence for the detection of obstructive sleep apnea based on clinical and demographic data: a systematic review. *Expert Review of Respiratory Medicine*, *20*(2), 199–216. https://doi.org/10.1080/17476348.2025.2567046

Chang, J. S., Kim, H., Baek, E. S., Choi, J. E., Lim, J. S., Kim, J. S., & Shin, S. J. (2025). Continuous multimodal data supply chain and expandable clinical decision support for oncology. *Npj Digital Medicine*, *8*(1), 128. https://doi.org/10.1038/s41746-025-01508-2

Chien, I., Enrique, A., Palacios, J., Regan, T., Keegan, D., Carter, D., Tschiatschek, S., Nori, A., Thieme, A., Richards, D., Doherty, G., & Belgrave, D. (2020). A Machine Learning Approach to Understanding Patterns of Engagement With Internet-Delivered Mental Health Interventions. *JAMA Network Open*, *3*(7), e2010791. https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2020.10791

Choudhary, S., Thomas, N., Ellenberger, J., Srinivasan, G., & Cohen, R. (2022). A Machine Learning Approach for Detecting Digital Behavioral Patterns of Depression Using Nonintrusive Smartphone Data (Complementary Path to Patient Health Questionnaire-9 Assessment): Prospective Observational Study. *JMIR Formative Research*, *6*(5), e37736. https://doi.org/10.2196/37736

Crocker, T. F., Lam, N., Jordão, M., Brundle, C., Prescott, M., Forster, A., Ensor, J., Gladman, J., & Clegg, A. (2023). Risk-of-bias assessment using Cochrane's revised tool for randomized trials (RoB 2) was useful but challenging and resource-intensive: observations from a systematic review. *Journal of Clinical Epidemiology*, *161*, 39–45. https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2023.06.015

Demir, S., & Ercan, F. (2022). The effectiveness of cognitive behavioral therapy-based group counseling on depressive symptomatology, anxiety levels, automatic thoughts, and coping ways Turkish nursing students: A randomized controlled trial. *Perspectives in Psychiatric Care*, *58*(4), 2394–2406. https://doi.org/10.1111/ppc.13073

Dinan, T. G., & Cryan, J. F. (2020). Gut microbiota: a missing link in psychiatry. *World Psychiatry*, *19*(1), 111–112. https://doi.org/10.1002/wps.20726

Dyer, N. L., Surdam, J., Srinivasan, R., Agarwal, A., & Dusek, J. A. (2022). The Impact of Individualized Complementary and Integrative Health Interventions Provided in Clinical Settings on Quality of Life: A Systematic Review of

Practice-Based Research. *Journal of Integrative and Complementary Medicine*, *28*(8), 618–640. https://doi.org/10.1089/jicm.2021.0413

EGAMI, N., & HARTMAN, E. (2023). Elements of External Validity: Framework, Design, and Analysis. *American Political Science Review*, *117*(3), 1070–1088. https://doi.org/10.1017/S0003055422000880

Elkohail, A., Soffar, A., Khalifa, A. M., Omar, I., Mosaad, M., Abdulaziz, M., Elsaket, A., Panhwer, H. S., Abdelglil, M., Teama, M., & Swealem, A. (2025a). AI-Enhanced Surgical Decision-Making in Orthopedics: From Preoperative Planning to Intraoperative Guidance and Real-Time Adaptation. *Cureus*. https://doi.org/10.7759/cureus.92762

Elkohail, A., Soffar, A., Khalifa, A. M., Omar, I., Mosaad, M., Abdulaziz, M., Elsaket, A., Panhwer, H. S., Abdelglil, M., Teama, M., & Swealem, A. (2025b). AI-Enhanced Surgical Decision-Making in Orthopedics: From Preoperative Planning to Intraoperative Guidance and Real-Time Adaptation. *Cureus*. https://doi.org/10.7759/cureus.92762

Faizan, M., Han, C., & Lee, S. W. (2025). Policy-Driven Digital Health Interventions for Health Promotion and Disease Prevention: A Systematic Review of Clinical and Environmental Outcomes. *Healthcare*, *13*(18), 2319. https://doi.org/10.3390/healthcare13182319

Fischer, B. A., & Farchione, T. R. (2023). Clinical trials of novel psychotropic agents: some caveats. *World Psychiatry*, *22*(1), 83–84. https://doi.org/10.1002/wps.21067

Fortuna, K. L., Naslund, J. A., LaCroix, J. M., Bianco, C. L., Brooks, J. M., Zisman-Ilani, Y., Muralidharan, A., & Deegan, P. (2020). Digital Peer Support Mental Health Interventions for People With a Lived Experience of a Serious Mental Illness: Systematic Review. *JMIR Mental Health*, *7*(4), e16460. https://doi.org/10.2196/16460

G. Adil, J. Jr. (2025). AI in Education: A Systematic Literature Review of Emerging Trends, Benefits, and Challenges. *Seminars in Medical Writing and Education*, *4*, 795. https://doi.org/10.56294/mw2025795

Gabrovec, B., Selak, Š., Crnkovič, N., Cesar, K., & Šorgo, A. (2022). Perceived Satisfaction with Online Study during COVID-19 Lockdown Correlates Positively with Resilience and Negatively with Anxiety, Depression, and Stress among Slovenian Postsecondary Students. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *19*(12), 7024. https://doi.org/10.3390/ijerph19127024

Gkintoni, E., & Halkiopoulos, C. (2025). Digital Twin Cognition: AI-Biomarker Integration in Biomimetic Neuropsychology. *Biomimetics*, *10*(10), 640. https://doi.org/10.3390/biomimetics10100640

Gkintoni, E., Vassilopoulos, S. P., Nikolaou, G., & Boutsinas, B. (2025). Digital and AI-Enhanced Cognitive Behavioral Therapy for Insomnia: Neurocognitive Mechanisms and Clinical Outcomes. *Journal of Clinical Medicine*, *14*(7), 2265. https://doi.org/10.3390/jcm14072265

Goh, D. Y., Lam, W. C., & Zhong, L. L. D. (2025). Effect of interventions for the management of sleep disturbances in patients with long COVID: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Journal of Clinical Sleep Medicine*, *21*(11), 1993–2005. https://doi.org/10.5664/jcsm.11782

Heindl, L. M., Trester, M., Guo, Y., Zwiener, F., Sadat, N., Pine, N. S., Pine, K. R., Traweger, A., & Rokohl, A. C. (2021). Anxiety and depression in patients wearing prosthetic eyes. *Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology*, *259*(2), 495–503. https://doi.org/10.1007/s00417-020-04908-0

Herrman, H. (2020). Report on the WPA Action Plan at the end of the triennium 2017-2020. *World Psychiatry*, *19*(3), 404–406. https://doi.org/10.1002/wps.20792

Ho, C. Y. Y., Yu, B. C. L., & Mak, W. W. S. (2022). Nonattachment mediates the associations between mindfulness, well-being, and psychological distress: A meta-analytic structural equation modeling approach. *Clinical Psychology Review*, *95*, 102175. https://doi.org/10.1016/j.cpr.2022.102175

Hornstein, S., Forman-Hoffman, V., Nazander, A., Ranta, K., & Hilbert, K. (2021). Predicting therapy outcome in a digital mental health intervention for depression and anxiety: A machine learning approach. *DIGITAL HEALTH*, *7*. https://doi.org/10.1177/20552076211060659

Ibrahim, H., Liu, X., Rivera, S. C., Moher, D., Chan, A.-W., Sydes, M. R., Calvert, M. J., & Denniston, A. K. (2021). Reporting guidelines for clinical trials of artificial intelligence interventions: the SPIRIT-AI and CONSORT-AI guidelines. *Trials*, *22*(1), 11. https://doi.org/10.1186/s13063-020-04951-6

Inchingolo, A. D., Marinelli, G., Fiore, A., Balestriere, L., Carone, C., Inchingolo, F., Corsalini, M., Di Venere, D., Palermo, A., Inchingolo, A. M., & Dipalma, G. (2025a). Diagnostic Support in Dentistry Through Artificial Intelligence: A Systematic Review. *Bioengineering*, *12*(11), 1244. https://doi.org/10.3390/bioengineering12111244

Inchingolo, A. D., Marinelli, G., Fiore, A., Balestriere, L., Carone, C., Inchingolo, F., Corsalini, M., Di Venere, D., Palermo, A., Inchingolo, A. M., & Dipalma, G. (2025b). Diagnostic Support in Dentistry Through Artificial Intelligence: A Systematic Review. *Bioengineering*, *12*(11), 1244. https://doi.org/10.3390/bioengineering12111244

Iyortsuun, N. K., Kim, S.-H., Jhon, M., Yang, H.-J., & Pant, S. (2023). A Review of Machine Learning and Deep Learning Approaches on Mental Health Diagnosis. *Healthcare*, *11*(3), 285. https://doi.org/10.3390/healthcare11030285

Jo, Y. T., Lee, S. W., Park, S., & Lee, J. (2024). Association between heart rate variability metrics from a smartwatch and self-reported depression and anxiety symptoms: a four-week longitudinal study. *Frontiers in Psychiatry*, *15*. https://doi.org/10.3389/fpsyt.2024.1371946

Kleine, A.-K., Kokje, E., Hummelsberger, P., Lermer, E., Schaffernak, I., & Gaube, S. (2025). AI-enabled clinical decision support tools for mental healthcare: A product review. *Artificial Intelligence in Medicine*, *160*, 103052. https://doi.org/10.1016/j.artmed.2024.103052

Li, J., Cai, Z., Li, X., Du, R., Shi, Z., Hua, Q., Zhang, M., Zhu, C., Zhang, L., & Zhan, X. (2021). Mindfulness-based therapy versus cognitive behavioral therapy for people with anxiety symptoms: a systematic review and meta-analysis of random controlled trials. *Annals of Palliative Medicine*, *10*(7), 7596–7612. https://doi.org/10.21037/apm-21-1212

Liu, W., Wang, S., Gu, H., & Li, R. (2025). Heart rate variability, a potential assessment tool for identifying anxiety, depression, and sleep disorders in elderly individuals. *Frontiers in Psychiatry*, *16*. https://doi.org/10.3389/fpsyt.2025.1485183

Liu, X., Cruz Rivera, S., Moher, D., Calvert, M. J., Denniston, A. K., Chan, A.-W., Darzi, A., Holmes, C., Yau, C., Ashrafian, H., Deeks, J. J., Ferrante di Ruffano, L., Faes, L., Keane, P. A., Vollmer, S. J., Lee, A. Y., Jonas, A., Esteva, A., Beam, A. L., … Rowley, S. (2020a). Reporting guidelines for clinical trial reports for interventions involving artificial intelligence: the CONSORT-AI extension. *Nature Medicine*, *26*(9), 1364–1374. https://doi.org/10.1038/s41591-020-1034-x

Liu, X., Cruz Rivera, S., Moher, D., Calvert, M. J., Denniston, A. K., Chan, A.-W., Darzi, A., Holmes, C., Yau, C., Ashrafian, H., Deeks, J. J., Ferrante di Ruffano, L., Faes, L., Keane, P. A., Vollmer, S. J., Lee, A. Y., Jonas, A., Esteva, A., Beam, A. L., … Rowley, S. (2020b). Reporting guidelines for clinical trial reports for interventions involving artificial intelligence: the CONSORT-AI extension. *Nature Medicine*, *26*(9), 1364–1374. https://doi.org/10.1038/s41591-020-1034-x

Lopes, R. M., Silva, A. F., Rodrigues, A. C. A., & Melo, V. (2024). Chatbots for Well-Being: Exploring the Impact of Artificial Intelligence on Mood Enhancement and Mental Health. *European Psychiatry*, *67*(S1), S550–S551. https://doi.org/10.1192/j.eurpsy.2024.1143

Macrynikola, N., Nguyen, N., Lane, E., Yen, S., & Torous, J. (2023). The Digital Clinic: An Innovative Mental Health Care Delivery Model Utilizing Hybrid Synchronous and Asynchronous Treatment. *NEJM Catalyst*, *4*(9). https://doi.org/10.1056/CAT.23.0100

Manek, M., Maita, I., Bezerra Silva, D. F., Pita de Melo, D., Major, P. W., Jaremko, J. L., & Almeida, F. T. (2025). Temporomandibular joint assessment in MRI images using artificial intelligence tools: where are we now? A systematic review. *Dentomaxillofacial Radiology*, *54*(1), 1–11. https://doi.org/10.1093/dmfr/twae055

Manole, A., Cârciumaru, R., Brînzaş, R., & Manole, F. (2024). An Exploratory Investigation of Chatbot Applications in Anxiety Management: A Focus on Personalized Interventions. *Information*, *16*(1), 11. https://doi.org/10.3390/info16010011

Mansoor, M., Hamide, A., & Tran, T. (2025). Conversational AI in Pediatric Mental Health: A Narrative Review. *Children*, *12*(3), 359. https://doi.org/10.3390/children12030359

Marciniak, M. A., Shanahan, L., Rohde, J., Schulz, A., Wackerhagen, C., Kobylińska, D., Tuescher, O., Binder, H., Walter, H., Kalisch, R., & Kleim, B. (2020). Standalone Smartphone Cognitive Behavioral Therapy–Based Ecological Momentary Interventions to Increase Mental Health: Narrative Review. *JMIR MHealth and UHealth*, *8*(11), e19836. https://doi.org/10.2196/19836

McFadyen, J., Habicht, J., Dina, L.-M., Harper, R., Hauser, T. U., & Rollwage, M. (2024a). *AI-enabled conversational agent increases engagement with cognitive-behavioral therapy: A randomized controlled trial*. https://doi.org/10.1101/2024.11.01.24316565

McFadyen, J., Habicht, J., Dina, L.-M., Harper, R., Hauser, T. U., & Rollwage, M. (2024b). *AI-enabled conversational agent increases engagement with cognitive-behavioral therapy: A randomized controlled trial*. https://doi.org/10.1101/2024.11.01.24316565

Mortensen, J. A., Mollov, M. E., Chatterjee, A., Ghose, D., & Li, F. Y. (2023). Multi-Class Stress Detection Through Heart Rate Variability: A Deep Neural Network Based Study. *IEEE Access*, *11*, 57470–57480. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3274478

Müller, F., Hansen, A., Kube, M., Arnetz, J. E., Alshaarawy, O., Achtyes, E. D., & Holman, H. T. (2024). Translation, cultural adaptation, and validation of the PHQ-9 and GAD-7 in Kinyarwanda for primary care in the United States. *PLOS ONE*, *19*(10), e0302953. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0302953

Newby, J., Gupta, S., Hoon, L., Zheng, W., Whitton, A. E., Huckvale, K., Stech, E., Mackinnon, A., Senadeera, M., Shvetcov, A., Berk, J., Slade, A., Spoelma, M. J., Han, J., Beames, J. R., Logothetis, R., Dabash, O., Kurniawan, S., Vasa, R., … Christensen, H. (2025). Brief Digital Interventions for Psychological Distress. *JAMA Network Open*, *8*(10), e2540502. https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2025.40502

Ni, Y., & Jia, F. (2025a). A Scoping Review of AI-Driven Digital Interventions in Mental Health Care: Mapping Applications Across Screening, Support, Monitoring, Prevention, and Clinical Education. *Healthcare*, *13*(10), 1205. https://doi.org/10.3390/healthcare13101205

Ni, Y., & Jia, F. (2025b). A Scoping Review of AI-Driven Digital Interventions in Mental Health Care: Mapping Applications Across Screening, Support, Monitoring, Prevention, and Clinical Education. *Healthcare*, *13*(10), 1205. https://doi.org/10.3390/healthcare13101205

Opel, N., & Breakspear, M. (2026). Transforming mental health research and care through artificial intelligence. *Science*, *391*(6782), 249–258. https://doi.org/10.1126/science.adz9193

Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., … Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, n71. https://doi.org/10.1136/bmj.n71

Palmer, C. E., Marshall, E., Millgate, E., Warren, G., Ewbank, M., Cooper, E., Lawes, S., Smith, A., Hutchins-Joss, C., Young, J., Bouazzaoui, M., Margoum, M., Healey, S., Marshall, L., Mehew, S., Cummins, R., Tablan, V., Catarino, A., Welchman, A. E., & Blackwell, A. D. (2025). Combining Artificial Intelligence and Human Support in Mental Health: Digital Intervention With Comparable Effectiveness to Human-Delivered Care. *Journal of Medical Internet Research*, *27*, e69351. https://doi.org/10.2196/69351

Pandya, K. T. (2024). The role of artificial intelligence in education 5.0: opportunities and challenges. *SDGs Studies Review*, *5*, e011. https://doi.org/10.37497/sdgs.v5igoals.11

Park, S. H., Choi, J., & Byeon, J.-S. (2021). Key Principles of Clinical Validation, Device Approval, and Insurance Coverage Decisions of Artificial Intelligence. *Korean Journal of Radiology*, *22*(3), 442. https://doi.org/10.3348/kjr.2021.0048

Poudel, U., Jakhar, S., Mohan, P., & Nepal, A. (2025a). AI in Mental Health: A Review of Technological Advancements and Ethical Issues in Psychiatry. *Issues in Mental Health Nursing*, *46*(7), 693–701. https://doi.org/10.1080/01612840.2025.2502943

Poudel, U., Jakhar, S., Mohan, P., & Nepal, A. (2025b). AI in Mental Health: A Review of Technological Advancements and Ethical Issues in Psychiatry. *Issues in Mental Health Nursing*, *46*(7), 693–701. https://doi.org/10.1080/01612840.2025.2502943

Pozza, M., Navarin, N., Sakkalis, V., & Gabrielli, S. (2025). Artificial Intelligence Methods and Digital Intervention Strategies for Predicting and Managing Chronic Obstructive Pulmonary Disease Exacerbations: An Umbrella Review. *Healthcare*, *13*(23), 3037. https://doi.org/10.3390/healthcare13233037

Punia, A., Bhakuni, P., & Sharma, N. (2025). *Development of AI- and NLP-Driven Chatbots and Virtual Assistants for Mental Health Support* (pp. 229–262). https://doi.org/10.4018/979-8-3693-9341-3.ch010

Qin, H., Steenbergen, N., Glos, M., Wessel, N., Kraemer, J. F., Vaquerizo-Villar, F., & Penzel, T. (2021). The Different Facets of Heart Rate Variability in Obstructive Sleep Apnea. *Frontiers in Psychiatry*, *12*. https://doi.org/10.3389/fpsyt.2021.642333

Ramesh, A., Nayak, T., Beestrum, M., Quer, G., & Pandit, J. (2023). Heart Rate Variability in Psychiatric Disorders: A Systematic Review. *Neuropsychiatric Disease and Treatment*, *Volume 19*, 2217–2239. https://doi.org/10.2147/NDT.S429592

Riaz, I. Bin, Khan, M. A., & Osterman, T. J. (2025). Artificial intelligence across the cancer care continuum. *Cancer*, *131*(16). https://doi.org/10.1002/cncr.70050

Rosenblatt, M., Tejavibulya, L., Sun, H., Camp, C. C., Khaitova, M., Adkinson, B. D., Jiang, R., Westwater, M. L., Noble, S., & Scheinost, D. (2024). Power and reproducibility in the external validation of brain-phenotype predictions. *Nature Human Behaviour*, *8*(10), 2018–2033. https://doi.org/10.1038/s41562-024-01931-7

Roy, R., & Srivastava, A. (2024). Role Of Artificial Intelligence (Ai) In Enhancing Operational Efficiency In Manufacturing Medical Devices. *The Journal of Multidisciplinary Research*, 35–40. https://doi.org/10.37022/tjmdr.v4i1.580

Sander, L. B., Beisemann, M., Doebler, P., Micklitz, H. M., Kerkhof, A., Cuijpers, P., Batterham, P., Calear, A., Christensen, H., De Jaegere, E., Domhardt, M., Erlangsen, A., Eylem-van Bergeijk, O., Hill, R., Mühlmann, C., Österle, M., Pettit, J., Portzky, G., Steubl, L., … Büscher, R. (2023). The Effects of Internet-Based Cognitive Behavioral Therapy for Suicidal Ideation or Behaviors on Depression, Anxiety, and Hopelessness in Individuals With Suicidal Ideation: Systematic Review and Meta-Analysis of Individual Participant Data. *Journal of Medical Internet Research*, *25*, e46771. https://doi.org/10.2196/46771

Santomauro, D. F., Mantilla Herrera, A. M., Shadid, J., Zheng, P., Ashbaugh, C., Pigott, D. M., Abbafati, C., Adolph, C., Amlag, J. O., Aravkin, A. Y., Bang-Jensen, B. L., Bertolacci, G. J., Bloom, S. S., Castellano, R., Castro, E., Chakrabarti, S., Chattopadhyay, J., Cogen, R. M., Collins, J. K., … Ferrari, A. J. (2021). Global prevalence and burden of depressive and anxiety disorders in 204 countries and territories in 2020 due to the COVID-19 pandemic. *The Lancet*, *398*(10312), 1700–1712. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)02143-7

Schick, A., Rauschenberg, C., Ader, L., Daemen, M., Wieland, L. M., Paetzold, I., Postma, M. R., Schulte-Strathaus, J. C. C., & Reininghaus, U. (2023). Novel digital methods for gathering intensive time series data in mental health research: scoping review of a rapidly evolving field. *Psychological Medicine*, *53*(1), 55–65. https://doi.org/10.1017/S0033291722003336

Shui, X., Xu, H., Tan, S., & Zhang, D. (2025). Depression Recognition Using Daily Wearable-Derived Physiological Data. *Sensors*, *25*(2), 567. https://doi.org/10.3390/s25020567

Shvetcov, A., Whitton, A., Kasturi, S., Zheng, W.-Y., Beames, J., Ibrahim, O., Han, J., Hoon, L., Mouzakis, K., Gupta, S., Venkatesh, S., Christensen, H., & Newby, J. (2023). Machine learning identifies a COVID-19-specific phenotype in university students using a mental health app. *Internet Interventions*, *34*, 100666. https://doi.org/10.1016/j.invent.2023.100666

Singh, H., Nim, D. K., Randhawa, A. S., & Ahluwalia, S. (2024). Integrating clinical pharmacology and artificial intelligence: potential benefits, challenges, and role of clinical pharmacologists. *Expert Review of Clinical Pharmacology*, *17*(4), 381–391. https://doi.org/10.1080/17512433.2024.2317963

So, M., Sekizawa, Y., Hashimoto, S., Kashimura, M., Yamakage, H., & Watanabe, N. (2026). Effect of AI-Based Natural Language Feedback on Engagement and Clinical Outcomes in Fully Self-Guided Internet-Based Cognitive Behavioral Therapy for Depression: 3-Arm Randomized Controlled Trial. *Journal of Medical Internet Research*, *28*, e76902. https://doi.org/10.2196/76902

Sokół-Szawłowska, M., Kamińska, O., & Sochacka, M. (2024). MoodMon: novel optimization of bipolar disorder monitoring through patient-driven voice parameter submission and AI technology. *Postępy Psychiatrii i Neurologii*, *33*(4), 230–240. https://doi.org/10.5114/ppn.2024.147100

Spada, G. E., Masiero, M., Pizzoli, S. F. M., & Pravettoni, G. (2022). Heart Rate Variability Biofeedback in Cancer Patients: A Scoping Review. *Behavioral Sciences*, *12*(10), 389. https://doi.org/10.3390/bs12100389

Strudwick, G., Impey, D., Torous, J., Krausz, R. M., & Wiljer, D. (2020). Advancing E-Mental Health in Canada: Report From a Multistakeholder Meeting. *JMIR Mental Health*, *7*(4), e19360. https://doi.org/10.2196/19360

Thakkar, A., Gupta, A., & De Sousa, A. (2024). Artificial intelligence in positive mental health: a narrative review. *Frontiers in Digital Health*, *6*. https://doi.org/10.3389/fdgth.2024.1280235

Torous, J., Bucci, S., Bell, I. H., Kessing, L. V., Faurholt-Jepsen, M., Whelan, P., Carvalho, A. F., Keshavan, M., Linardon, J., & Firth, J. (2021). The growing field of digital psychiatry: current evidence and the future of apps, social media, chatbots, and virtual reality. *World Psychiatry*, *20*(3), 318–335. https://doi.org/10.1002/wps.20883

Torous, J., Jän Myrick, K., Rauseo-Ricupero, N., & Firth, J. (2020). Digital Mental Health and COVID-19: Using Technology Today to Accelerate the Curve on Access and Quality Tomorrow. *JMIR Mental Health*, *7*(3), e18848. https://doi.org/10.2196/18848

Tsallis, C., Papageorgas, P., Piromalis, D., & Munteanu, R. A. (2025). Application-Wise Review of Machine Learning-Based Predictive Maintenance: Trends, Challenges, and Future Directions. *Applied Sciences*, *15*(9), 4898. https://doi.org/10.3390/app15094898

Vanneste, P., Raes, A., Morton, J., Bombeke, K., Van Acker, B. B., Larmuseau, C., Depaepe, F., & Van den Noortgate, W. (2021). Towards measuring cognitive load through multimodal physiological data. *Cognition, Technology & Work*, *23*(3), 567–585. https://doi.org/10.1007/s10111-020-00641-0

Varese, F., Douglas, M., Dudley, R., Bowe, S., Christodoulides, T., Common, S., Grace, T., Lumley, V., McCartney, L., Pace, S., Reeves, T., Morrison, A. P., & Turkington, D. (2021). Targeting dissociation using cognitive behavioural therapy in voice hearers with psychosis and a history of interpersonal trauma: A case series. *Psychology and Psychotherapy: Theory, Research and Practice*, *94*(2), 247–265. https://doi.org/10.1111/papt.12304

Varidel, M., An, V., Hickie, I. B., Cripps, S., Marchant, R., Scott, J., Crouse, J. J., Poulsen, A., O'Dea, B., McKenna, S., & Iorfino, F. (2025). Causal AI Recommendation System for Digital Mental Health: Bayesian Decision-Theoretic Analysis. *Journal of Medical Internet Research*, *27*, e71305–e71305. https://doi.org/10.2196/71305

Watanabe, K., Okusa, S., Sato, M., Miura, H., Morimoto, M., & Tsutsumi, A. (2023). mHealth Intervention to Promote Physical Activity Among Employees Using a Deep Learning Model for Passive Monitoring of Depression and Anxiety: Single-Arm Feasibility Trial. *JMIR Formative Research*, *7*, e51334. https://doi.org/10.2196/51334

Wijeratne, P. A., Johnson, E. B., Eshaghi, A., Aksman, L., Gregory, S., Johnson, H. J., Poudel, G. R., Mohan, A., Sampaio, C., Georgiou-Karistianis, N., Paulsen, J. S., Tabrizi, S. J., Scahill, R. I., & Alexander, D. C. (2020). Robust Markers and Sample Sizes for Multicenter Trials of Huntington Disease. *Annals of Neurology*, *87*(5), 751–762. https://doi.org/10.1002/ana.25709

Xiao, X., Han, X., Sun, Y., Zheng, G., Miao, Q., Zhang, Y., Tan, J., Liu, G., He, Q., Zhou, J., Zheng, Z., Jiang, G., & Song, H. (2024). Development and interpretation of a multimodal predictive model for prognosis of gastrointestinal stromal tumor. *Npj Precision Oncology*, *8*(1), 157. https://doi.org/10.1038/s41698-024-00636-4

Yeasmin, S., Semi, M. M. A., Rony, M. K. K., Das, S., Sabeena, A. A., Rahman, R., Biswas, B., Ahmed, F., & Hossain, A. (2026). Artificial Intelligence for Mental Health Monitoring: A Solution for Digital Behavioral Health Care and Education—An Umbrella Review. *Health Science Reports*, *9*(1). https://doi.org/10.1002/hsr2.71703

Yuan, C., Xiao, N., Pei, Y., Bu, Y., & Cai, Y. (2025). Enhancing Student Learning Outcomes through AI-Driven Educational Interventions: A Comprehensive Study of Classroom Behavior and Machine Learning Integration. *International Theory and Practice in Humanities and Social Sciences*, *2*(2), 197–215. https://doi.org/10.70693/itphss.v2i2.216

Zainal, N. H., Eckhardt, R., Rackoff, G. N., Fitzsimmons-Craft, E. E., Rojas-Ashe, E., Barr Taylor, C., Funk, B., Eisenberg, D., Wilfley, D. E., & Newman, M. G. (2025). Capitalizing on natural language processing (NLP) to automate the evaluation of coach implementation fidelity in guided digital cognitive-behavioral therapy (GdCBT). *Psychological Medicine*, *55*, e106. https://doi.org/10.1017/S0033291725000340

Zainal, N. H., & Newman, M. G. (2024). Which client with generalized anxiety disorder benefits from a mindfulness ecological momentary intervention versus a self-monitoring app? Developing a multivariable machine learning predictive model. *Journal of Anxiety Disorders*, *102*, 102825. https://doi.org/10.1016/j.janxdis.2024.102825

Zainal, N. H., Tan, H. H., Hong, R. Y. S., & Newman, M. G. (2025). Prescriptive Predictors of Mindfulness Ecological Momentary Intervention for Social Anxiety Disorder: Machine Learning Analysis of Randomized Controlled Trial Data. *JMIR Mental Health*, *12*, e67210. https://doi.org/10.2196/67210

Zantvoort, K., Nacke, B., Görlich, D., Hornstein, S., Jacobi, C., & Funk, B. (2024). Estimation of minimal data sets sizes for machine learning predictions in digital mental health interventions. *Npj Digital Medicine*, *7*(1), 361. https://doi.org/10.1038/s41746-024-01360-w

Zhang, K., Yang, M., & Li, L. (2026). Optimization of academic performance and mental health in college students through an AI-driven personalized physical exercise and mindfulness intervention system. *Scientific Reports*, *16*(1), 6024. https://doi.org/10.1038/s41598-026-37028-6

Zhou, Q., Chen, Z., Cao, Y., & Peng, S. (2021). Clinical impact and quality of randomized controlled trials involving interventions evaluating artificial intelligence prediction tools: a systematic review. *Npj Digital Medicine*, *4*(1), 154. https://doi.org/10.1038/s41746-021-00524-2

Zimmermann, M., Yonkers, K. A., Tabb, K. M., Schaefer, A., Peacock-Chambers, E., Clare, C. A., Boudreaux, E. D., Lemon, S. C., Byatt, N., & Tulu, B. (2024). Developing personas to inform the design of digital interventions for perinatal mental health. *JAMIA Open*, *7*(4). https://doi.org/10.1093/jamiaopen/ooae112